【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第２部門第３区分
【発行日】平成26年7月3日(2014.7.3)

【公開番号】特開2010-221395(P2010-221395A)
【公開日】平成22年10月7日(2010.10.7)
【年通号数】公開・登録公報2010-040
【出願番号】特願2010-68909(P2010-68909)
【国際特許分類】
Ｂ２５Ｊ　5/00　(2006.01)
【ＦＩ】
Ｂ２５Ｊ　5/00　Ｅ
Ｂ２５Ｊ　5/00　Ｆ

【誤訳訂正書】
【提出日】平成26年5月12日(2014.5.12)
【誤訳訂正１】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００３２
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００３２】

N_Jはロボットの駆動される関節の数を示す。この場合、ロボットの総合自由度（ＤＯＦ）は、根関節の平行移動及び回転の６ＤＯＦを含めて、$N_G = N_J + 6$である。ロボットコンフィギュレーションは一般化座標$q \in \Re^{N_G}$により一意に規定され、その最初の６成分は根関節に対応する。一般化力は$t_G \in \hat{A}^{N_G}$により示される。

【誤訳訂正２】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００３３
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００３３】

ヒューマノイドロボットは通常、そのリンクのいくつかが外界と接触して動く。N_Cは接触するリンクの数を示すものとする。ｉ番の接触リンクの線速度及び角速度は６次元ベクトル$\dot{r}_{ci}$により表される。一般化速度$\dot{q}$及び$\dot{r}_{ci}$の関係は、

$$\dot{r}_{ci} = J_{ci}\dot{q} \qquad (1)$$

として表される。ここで、$J_{ci} \in \hat{A}^{6\times N_G}$は、一般化座標に対するｉ番接触リンクの値及び向きのヤコビアン行列である。方程式（１）を微分すると、加速度の関係が得られる。

$$\ddot{r}_{ci} = J_{ci}\ddot{q} + \dot{J}_{ci}\dot{q}. \qquad (2)$$

合成接触ヤコビアン行列J_Cは、

$$J_c = \begin{pmatrix} J_{c1} \\ J_{c2} \\ \vdots \\ J_{cN_C} \end{pmatrix} \in \Re^{6N_C \times N_G}. \qquad (3)$$

により定義される。

【誤訳訂正３】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００３４
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００３４】

根関節は駆動されないため、関節トルクベクトル$t_J \in \hat{A}^{N_J}$のみが制御される。更に、外界と接触するN_C個のリンクの各々は接触力f_{ci}及びリンクローカルフレーム周囲のモーメント$n_{ci} \quad (i = 1, 2, \ldots N_C)$を受ける。合成接触力／モーメントは、$f_c = (f_{c1}^T \, n_{c1}^T \cdots f_{cN_C}^T \, n_{cN_C}^T)^T \in \hat{A}^{6N_C}$で定義される。

【誤訳訂正４】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００３５
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００３５】

ロボットの動作の方程式は、

$$M\ddot{q}+c=N^T t_J+J_c^T f_c \qquad (4)$$

として表される。ここで、$M\in \hat{A}^{N_G\times N_G}$は関節一空間慣性行列であり、$c\in \hat{A}^{N_G}$はコリオリカ、遠心力及び重力の和である。行列$N\in \hat{A}^{N_J\times N_G}$は関節トルクを一般化力にマップするために使用され、次の形を有する。

$$N=\begin{pmatrix} 0_{N_J\times 6} & 1_{N_J\times N_J} \end{pmatrix} \qquad (5)$$

ここで、0_*及び1_*は下付き文字で示されるサイズのゼロ行列及び単位行列である。

【誤訳訂正５】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００３９
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００３９】

オブザーバ２０１ｂは推定及び実際の出力を比較して推定状態$\hat{x}$を、

$$\dot{\hat{x}}=A\hat{x}+Bu+F(\hat{y}-y) \qquad (9)$$

として更新する。ここで、Ｆはオブザーバ利得、$\hat{y}=C\hat{x}$は推定出力である。実状態はアクセスできないため、方程式（８）において状態ｘはその推定値$\hat{x}$と置き換えられ、

$$u=K(x_{ref}-\hat{x}). \qquad (10)$$

になる。方程式（６）、（７）、（９）及び（１０）を用いると、推定状態及び新しい入力$u_b=\left(x_{ref}^T\ \hat{y}^T\right)^T$の下記のシステムが得られる。

$$\dot{\hat{x}}=A_b\hat{x}+B_b u_b \qquad (11)$$

ここで、

$$A_b = A-BK-FC$$

$$B_b = \begin{pmatrix} B & -F \end{pmatrix}$$

【誤訳訂正６】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００４２
【訂正方法】変更

【訂正の内容】
【００４２】
ここでは、簡易モデルとして線形倒立振子を用いるバランスコントローラ（例えば図2に示すバランスコントローラ２０１）の一例が提示される。図3を参照すると、２つのアクティブ線形関節（それらの位置及びアクチュエータ力は（ｘ，ｙ）及び（f_x，f_y）で表されている）と、２つの不作動関節（それらの関節角度はθ_1及びθ_2である）と、質点ｍが示されている。線形関節の位置及び質点の位置は全身モデルのＣＯＰ及びＣＯＭにそれぞれ対応する。線形化後に、この倒立振子は関節（ｘ，θ_1）及び（ｙ，θ_2）を有する２つの独立の平面振子として取り扱うことができる。従って、説明用の例として（ｘ，θ_1）を有する振子を用いる。
【誤訳訂正7】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００４３
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００４３】
その状態は線形倒立振子の入力及び出力ベクトルで次のように規定される。
【数２】

$$\boldsymbol{x}=(x \quad \theta_1 \quad \dot{x} \quad \dot{\theta}_1)^T \qquad (12)$$

$$\boldsymbol{u}=f_x \qquad (13)$$

$$\boldsymbol{y}=(x \quad l\theta_1)^T \ . \qquad (14)$$

【誤訳訂正８】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００４５
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００４５】
この倒立振子モデルの基準状態は$x_{ref}^T=(x_{rc}\ 0\ 0\ 0)^T$であり、ここでｘ$_{rc}$は基準関節角度から計算されるＣＯＭ位置のｘ座標である。測定出力ｙは実際のＣＯＰ及びＣＯＭ位置のｘ座標からなる。

【誤訳訂正９】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００４６
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００４６】
次に、レギュレータが倒立振子に対して設計される。ここではＬＱＲを使用し、以下のコスト関数が最小化されるように状態帰還利得Ｋを決定する。

【数３】

$$J = \int_0^\infty \left(x^T Q x + u^T R u \right) dt \qquad (15)$$

ここで、Ｑ≧０及びＲ＞０は対称加重行列である。加重行列は妨害に対する応答を観測することによって容易に決定できる。例えば、加重は、可能な最大外部力が供給されたときに所望のＣＯＰが接触域から出ないように決定することができる。

【誤訳訂正１０】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】００４９

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【００４９】

局部コントローラ

本発明のいくつかの実施例によれば、局部コントローラ４０２ａ、４０２ｂは、関節及び接触リンクの所望の加速度を基準及び現在の位置及び速度並びに基準加速度に基づいて計算する。関節コントローラ４０２ａにおいて、所望の加速度$\hat{\ddot{q}}$が各関節で次のように計算される。

$$\hat{\ddot{q}} = \ddot{q}_{ref} + k_d(\dot{q}_{ref} - \dot{q}) + k_p(q_{ref} - q) \qquad (16)$$

ここで、ｑは現在の関節位置、q_{ref}はキャプチャデータ内の基準関節位置、K_p及びK_dは関節毎に相違し得る一定の位置利得及び速度利得である。

【誤訳訂正１１】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】００５０

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【００５０】

根関節の位置及び向きは加速度計及びジャイロセンサによって又は少なくとも一方の足が床の上にあると仮定して運動学を計算することによって入手できるものとすることができる。それゆえ、根関節の所望の線及び角加速度を計算し、すべての所望の関節加速度と合成して所望の加速度ベクトル$\hat{\ddot{q}} \in \hat{A}^{N_G}$を形成することができる。制御法則（１６）は、根関節が駆動されないこと及び所望の加速度は最適化部（後で説明される）により修正され得ることを除いて、分解加速度制御に使用されるものと同じである。足を滑らさずに、できれば所望の接触状態を実現するために、同じ制御法則を用いて所望の足加速度$\hat{\ddot{r}}_C \in \hat{A}^{6N_C}$も計算することができる。

【誤訳訂正１２】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】００５２

【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００５２】
最適化器４０２ｃのタスクは、これまで得られた$\hat{\ddot{q}}, \hat{\ddot{r}}_c$及びバランスコントローラ２０１により得られた簡易モデルへの所望の入力に基づいて制御入力を計算することにある。しかし、殆どの場合、これらの状態は互いに競合する。そのゆえ、これらの量のすべてを尊重する一組の関節トルクを計算するために最適化が実行される。

【誤訳訂正１３】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００５３
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００５３】
最適化の未知量は関節トルクt_j及び接触力f_cである。最適化すべきコスト関数は、

$$Z = Z_s + Z_q + Z_c + Z_t + Z_f \quad (17)$$

であり、５つの項の各々は以下の段落で詳細に説明される。
【誤訳訂正１４】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００５５
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００５５】

最初に、所望の入力がＣＯＰの所望の位置 $r_p = (r_{px} \ r_{py} \ 0)^T$ を含む場合を考える。ＣＯＰ誤差は、

$$e_{COP} = \frac{1}{2} f_c^T P^T W_P P f_c \qquad (19)$$

と表せる。ここで、Ｐはｆ$_C$を所望のＣＯＰの周りの合成モーメントへマップする行列であり、次のように計算することができる。最初に、個々の接触力からワールド原点の周りの総合接触力及びモーメントをカバーする行列

$T \in \hat{A}^{6\times 6N_c}$ を

$$T = \begin{pmatrix} T_1 & T_2 & \ldots & T_{N_C} \end{pmatrix} \qquad (20)$$

及び

$$T_i = \begin{pmatrix} 1_{3\times 3} & 0_{3\times 3} \\ [p_{ci}\times] & 1_{3\times 3} \end{pmatrix} \qquad (21)$$

によって得る。ここで、Ｐ$_{ci}$はｉ番接触リンクの位置であり、［ａ×］は３次元ベクトルａの外積行列である。次に、下記の行列：

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & r_{py} & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -r_{px} & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \qquad (22)$$

を乗算することによってＰ＝ＣＴを生じさせ、総合力／モーメントをＣＯＰの周囲の合成モーメントに変換する。

【誤訳訂正１５】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００５６
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００５６】

所望の入力がＮ$_r$個の代表的関節のトルクを含む場合、$\hat{t} \in \hat{A}^{N_r}$ は自明である。

$R \in \hat{A}^{N_r \times N_C}$ がｔ$_J$から代表的関節のトルクを抽出する行列であるとしよう。誤差は、

$$e_t = \frac{1}{2}(\hat{t}_r - R t_J)^T W_r (\hat{t}_r - R t_J). \qquad (23)$$

と書き表せる。

【誤訳訂正１６】
【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】００５９
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００５９】
項Z_tは、

$$Z_t = \frac{1}{2}(\hat{t}_J - t_J)^T W_t (\hat{t}_J - t_J) \qquad (26)$$

と書き表され、ここで、$\hat{t}_J$は関節トルクに対する基準であり、典型的にはゼロベクトルに設定され、従ってZ_tは関節トルクに対して減衰項として作用する。

【誤訳訂正１７】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００６０
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００６０】
項Z_fは接触力に対して同様の役割を有し、

$$Z_f = \frac{1}{2}(\hat{f}_c - f_c)^T W_f (\hat{f}_c - f_c) \qquad (27)$$

であり、ここで$\hat{f}_c$は基準接触力であり、同様に典型的にはゼロベクトルに設定される。

【誤訳訂正１８】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】００６１
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【００６１】
コスト関数は方程式（２）及び（４）を用いて次の二次方程式：

$$Z = \frac{1}{2} y^T A y + y^T b + c \qquad (28)$$

に変換することができ、ここで$y = (t_J^T \ f_c^T)^T$は未知のベクトルである。

【誤訳訂正１９】
【訂正対象書類名】明細書
【訂正対象項目名】０１１０
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【０１１０】

所定の初期状態ｘ$_0$及び次のｎフレームに対するＣＯＭ軌道

$\hat{u}_k (k = 0, 1, \ldots, n-1)$に対して、ｎフレーム後のＣＯＰの位置は、

$$\hat{y}_n = C(A^n x_0 + M_n \hat{U}_n) \quad (37)$$

により予測することができる。ここで、

$$M_n = (A^{n-1}B\ A^{n-2}B\ \ldots\ B) \quad (38)$$

$$\hat{U}_n = \begin{pmatrix} \hat{u}_0 \\ \hat{u}_1 \\ \vdots \\ \hat{u}_{n-1} \end{pmatrix}. \quad (39)$$

次に、基準関節角度を用いて$\hat{y}_n$が当該フレームの接触凸包内に位置するかどうかの検査が行われる。実際には、ｎに対して最大値Ｎが選択され、この値が最大ルックアヘッドを決定するために使用される。

【誤訳訂正２０】
【訂正対象書類名】特許請求の範囲
【訂正対象項目名】全文
【訂正方法】変更
【訂正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
機械的な人工エージェントであって、
複数の関節を介して結合された複数の可動部と、
前記複数の可動部の動作を制御するように構成されたコントローラと、
を備え、前記コントローラは、
簡易モデルの現在状態を、基準動作データから取得した基準状態情報と、前記簡易モデルから取得した測定出力とに基づいて推定し、推定状態と計算された簡易モデルへの入力を含むバランス制御信号を供給するように構成されたバランスコントローラであって、前記機械的な人工エージェントの簡易動力学モデルに対して設計されたバランスコントローラと、
前記バランス制御信号と、前記機械的な人工エージェントから取得した前記機械的な人工エージェントの現在関節位置及び速度と、前記基準動作データから取得した基準関節位置、速度及び加速度とに基づいて、バランスを維持しながら入力基準動作を追跡するように設定された、関節及び接触リンクの所望の加速度についての動作命令を生成するように構成されたトラッキングコントローラであって、前記機械的な人工エージェントの個々の関節に対するトラッキングコントローラとを備え、
前記複数の関節の各々が前記動作命令を使用でき、前記入力基準動作の追跡及びバランスの維持をもたらし、
前記動作命令は関節トルクを含み、前記関節の速度が限界値に近づくと前記速度を下げるために強い減衰トルクが付加される、機械的な人工エージェント。

【請求項２】
前記機械的な人工エージェントはヒューマノイドロボットである、請求項1記載の機械的な人工エージェント。
【請求項３】
前記複数の可動部は1つ以上の可動下半身部分を有する本体部分を備え、前記バランス制御信号は全身バランスモデルと整合している、請求項2記載の機械的な人工エージェント。
【請求項４】
前記入力基準動作はモーションキャプチャシステムから得られる1つ以上のデータ入力を更に含む、請求項1記載の機械的な人工エージェント。
【請求項５】
前記入力基準動作は1つ以上の足踏み動作を更に含む、請求項4記載の機械的な人工エージェント。
【請求項６】
前記コントローラの前段には、前記入力基準動作に対応する入力データを前処理する運動学的マッピングモジュールと動力学的マッピングモジュールとを備える、請求項3記載の機械的な人工エージェント。
【請求項７】
前記運動学的マッピングモジュールは、前記機械的な人工エージェントの1つ以上の現在接触位置を用いて、1つ以上の接触位置と前記機械的な人工エージェントの本体との間の運動学的関係が前記入力基準動作を追跡するように、1つ以上の体幹軌道及び1つ以上の関節軌道を修正するように構成されている、請求項6記載の機械的な人工エージェント。
【請求項８】
前記動力学的マッピングモジュールは、前記入力基準動作を追跡しながら圧力中心を前記機械的な人工エージェントの接触凸包内に維持するように前記機械的な人工エージェントの基準重心を修正するように構成されている、請求項6記載の機械的な人工エージェント。
【請求項９】
機械的な人工エージェントの簡易動力学モデルに対して設計されたバランスコントローラによって、簡易モデルの現在状態を、基準動作データから取得した基準状態情報と、前記簡易モデルから取得した測定出力とに基づいて推定し、複数の関節で結合された複数の可動部を有する前記機械的な人工エージェントのトラッキングコントローラに、推定状態と計算された簡易モデルへの入力を含むバランス制御信号を供給するステップと、
前記機械的な人工エージェントの個々の関節に対する前記トラッキングコントローラによって、前記バランス制御信号と、前記機械的な人工エージェントから取得した前記機械的な人工エージェントの現在関節位置及び速度と、前記基準動作データから取得した基準関節位置、速度及び加速度とに基づいて、バランスを維持しながら入力基準動作を追跡するように設定された、関節及び接触リンクの所望の加速度についての動作命令を含むトラッキング制御信号を供給するステップとを備え、
前記複数の関節の各々が前記動作命令を使用でき、前記入力基準動作の追跡及びバランスの維持をもたらし、
前記動作命令は関節トルクを含み、前記関節の速度が限界値に近づくと前記速度を下げるために強い減衰トルクが付加される、方法。
【請求項１０】
前記機械的な人工エージェントはヒューマノイドロボットである、請求項9記載の方法。
【請求項１１】
前記複数の可動部は1つ以上の可動下半身部分を有する本体部分を備え、前記バランス制御信号は全身バランスモデルと整合している、請求項１０記載の方法。

【請求項１２】
前記入力基準動作はモーションキャプチャシステムから得られる1つ以上のデータ入力を更に含む、請求項9記載の方法。
【請求項１３】
前記入力基準動作は1つ以上の足踏み動作を更に含む、請求項１２記載の方法。
【請求項１４】
運動学的マッピングモジュール及び動力学的マッピングモジュールを用いて前記入力基準動作に対応する入力データを前処理するステップを更に備える、請求項9記載の方法。
【請求項１５】
前記運動学的マッピングモジュールを用いて、1つ以上の接触位置と前記機械的な人工エージェントの本体との間の運動学的関係が前記入力基準動作を追跡するように1つ以上の体幹軌道及び1つ以上の関節軌道を修正するステップを更に備える、請求項１４記載の方法。
【請求項１６】
前記動力学的マッピングモジュールを用いて、前記入力基準動作を追跡しながら圧力中心を前記機械的な人工エージェントの接触凸包内に維持するように前記機械的な人工エージェントの基準重心を修正するステップを更に備える、請求項１４記載の方法。
【請求項１７】
1つ以上のプロセッサと、
複数の関節で結合された複数の可動部を有する機械的な人工エージェントの動作を制御するように構成された、前記1つ以上のプロセッサにより実行可能なコンピュータ読み取り可能なプログラムコードを有するプログラム記憶装置とを備え、該プログラム記憶装置は、
簡易モデルの現在状態を、基準動作データから取得した基準状態情報と、前記簡易モデルから取得した測定出力とに基づいて推定し、推定状態と計算された簡易モデルへの入力を含むバランス制御信号を供給するように設定されたコンピュータ読み取り可能なプログラムコードであって、前記機械的な人工エージェントの簡易動力学モデルに対して設計されたコンピュータ読み取り可能なプログラムコードと、
前記バランス制御信号と、前記機械的な人工エージェントから取得した前記機械的な人工エージェントの現在関節位置及び速度と、前記基準動作データから取得した基準関節位置、速度及び加速度とに基づいて、バランスを維持しながら入力基準動作を追跡するように設定された、関節及び接触リンクの所望の加速度についての動作命令を生成するように構成されたコンピュータ読み取り可能なプログラムコードであって、前記機械的な人工エージェントの個々の関節に対するコンピュータ読み取り可能なプログラムコードとを含み、
前記複数の関節の各々が前記動作命令を使用でき、前記入力基準動作の追跡及びバランスの維持をもたらし、
前記動作命令は関節トルクを含み、前記関節の速度が限界値に近づくと前記速度を下げるために強い減衰トルクが付加される、装置。
【請求項１８】
複数の関節で結合された複数の可動部を有する機械的な人工エージェントの動作を制御するように構成された、1つ以上のプロセッサにより実行可能なコンピュータ読み取り可能なプログラムコードを有するプログラム記憶装置において、
簡易モデルの現在状態を、基準動作データから取得した基準状態情報と、前記簡易モデルから取得した測定出力とに基づいて推定し、推定状態と計算された簡易モデルへの入力を含むバランス制御信号を供給するように設定されたコンピュータ読み取り可能なプログラムコードであって、前記機械的な人工エージェントの簡易動力学モデルに対して設計されたコンピュータ読み取り可能なプログラムコードと、
前記バランス制御信号と、前記機械的な人工エージェントから取得した前記機械的な人工エージェントの現在関節位置及び速度と、前記基準動作データから取得した基準関節位

置、速度及び加速度とに基づいて、バランスを維持しながら入力基準動作を追跡するように設定された、関節及び接触リンクの所望の加速度についての動作命令を生成するように構成されたコンピュータ読み取り可能なプログラムコードであって、前記機械的な人工エージェントの個々の関節に対するコンピュータ読み取り可能なプログラムコードとを含み、

前記複数の関節の各々が前記動作命令を使用でき、前記入力基準動作の追跡及びバランスの維持をもたらし、

前記動作命令は関節トルクを含み、前記関節の速度が限界値に近づくと前記速度を下げるために強い減衰トルクが付加される、プログラム記憶装置。